10.22092/spj.2022.359771.1268

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۴، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

فنولوژی گلدهی و وضعیت خودسازگاری تعدادی از ژنوتیپ های زردآلو حاصل از تلاقی ارقام خودناسازگار و خودسازگار

Flowering Phenology and Self-(in)compatibility Status of Some Apricot Genotypes Developed from Crossing Self-incompatible and Self-compatible Cultivars

کتایون اروجی سلماسی[۱]، رحیم قره شیخ بیات[۲]، سید مهدی میری[۳]، محی الدین پیرخضری[۴] و داریوش داوودی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه باغبانی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲- استادیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- دانشیار، گروه باغبانی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۴- استادیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۵- دانشیار، گروه نانوتکنولوژی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

چکیده

اروجی سلماسی، ک.، قره شیخ بیات، ر.، میری، س. م.، پیرخضری، م. و داوودی، د. ۱۴۰۰. فنولوژی گلدهی و وضعیت خودسازگاری تعدادی از ژنوتیپ های زردآلو حاصل از تلاقی ارقام خودناسازگار و خودسازگار. **مجله نهال و بذر ۳۷: ۵۳۰-۵۱۳.**

زردآلو یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین درختان میوه مناطق معتدله در ایران و جهان به شمار می‌رود. ارقام بومی کشور، به دلیل خودناسازگاری معمـولاً از پایداری عملکرد میوه پایینی برخوردار هستند. در پژوهش حاضر ۱۹ ژنوتیپ حاصل از گرده افشانی آزاد ارقام تجاری خودناسازگار شاهرودی و شمس با دانه گرده ارقام خودسازگار ایتالیایی سن‌کاسترزه (San Castrese)، پالوملا (Palumella)، ویتیلو (Vitillo) و کافونا (Cafona) انتخاب و از نظر امکان انتقال صفت خودسازگاری به نتاج و نیز بررسی خصوصیات فنولوژیک گلدهی همراه با رقم شاهرودی به عنوان شاهد در سال‌های ۹۹-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقاتی باغبانی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی واقع در مشکین دشت کرج مورد مطالعه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر زمان گلدهی، طول دوره گلدهی، درصد جوانه‌زنی دانه گرده، درصد تشکیل میوه پس از خود گرده‌افشانی کنترل شده و زمان رسیدن میوه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی دانه گرده در ژنوتیپ ۵۲۵ (۶۹ درصد) وکمترین آن در ژنوتیپ ۵۷۹ (۵/۲ درصد) مشاهده شد. ارزیابی های حاصل از گرده افشانی کنترل شده در باغ و میکروسکوپ فلورسنت نشان داد ۱۳ ژنوتیپ شامل ۴۳۱، ۴۳۲، ۴۴۶، ۴۵۱، ۵۲۵، ۵۲۶، ۵۴۶، ۵۵۷، ۵۶۵، ۵۷۰، ۵۷۶، ۵۷۹ و ۵۸۵ خودسازگار محسوب شدند. ضرایب همبستگی در دو سال متوالی نشان داد که بین زمان گلدهی و زمان رسیدن میوه همبستگی منفی و بسیار معنی دار در سال اول ($r = -0.63^{**}$) و سال دوم ($r = -0.48^{**}$) وجود داشت. درصد جوانه زنی دانه گرده همبستگی مثبت و بسیار معنی داری ($r = 0.97^{**}$) با تشکیل اولیه میوه داشت. همچنین با بررسی نتایج دوساله، ژنوتیپ‌های ۴۳۱ و ۴۴۶ به عنوان ژنوتیپ‌های دیرگل شناسایی شدند. بنابراین از نتایج این پژوهش چنین استنباط می شود که خود سازگاری در زرد آلو به آسانی از والدین به نتاج منتقل می شود و دو ژنوتیپ دیر گل شناسایی شده می‌توانند در برنامه های به نژادی زردآلو مورد استفاده قرار گیرند.

واژه های کلیدی: زردآلو، جوانه‌زنی دانه گرده، زمان گلدهی، گرده‌افشانی، میکروسکوپ فلورسنت.

نگارنده مسئول: rahim2002bayat@gmail.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۵۴۱

مقدمه

زردآلو با نام علمی *Prunus armeniaca* L. از خانواده گلسرخیان (Rosaceae)) یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین میوه‌های مناطق معتدله می‌باشد که به دلیل دارا بودن انواع ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متنوع از نظر ارزش غذایی نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. خاستگاه این گیاه کشور چین و آسیای مرکزی می‌باشد و در دنیا عمدتا بین محدوده ۲۵-۴۵ درجه عرض جغرافیائی کشت و پرورش داده می‌شود (Mashhadi and Khadivi, 2022).

شروع گلدهی و طول دوره گلدهی ارقام یک گونه مشخص نه فقط به نوع رقم بستگی دارد بلکه تحت تاثیر عوامل محیطی مختلفی نیز قرار دارد. به همین دلیل در به‌نژادی میوه، تعیین خصوصیات فنولوژیک گلدهی تا زمان رسیدن میوه اهمیت بسیار بالایی دارد (Asma, 2008; Shamsolshoara *et al*., 2021). تولید زردآلو به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی قرار دارد، به طوری که تولید تجاری آن تنها در مناطقی که دارای شرایط محیطی مناسب از جمله زمستان سرد یکنواخت، تابستان‌های گرم و فاقد سرمازدگی دیررس بهاره هستند، امکان‌پذیر است (Mesbahi *et al*., 2014). بنابراین لازم است با توجه به شرایط اقلیمی و دمایی هر منطقه، ارقامی متناسب با آن محل اصلاح و انتخاب شوند (Yaman and Uzun, 2020).

امروزه اغلب برنامه‌های به‌نژادی زردآلو بر روی زمان گلدهی به عنوان یک خصوصیت مهم برای سازگاری به شرایط محیطی مناطق هدف متمرکز شده است. زمان شکوفایی گل‌ها صفت ارثی بوده و به راحتی قابل انتقال است (Ganji Moghadam *et al*., 2021). مصباحی و همکاران (Mesbahi *et al*., 2014) خصوصیات فنولوژیک برخی ژنوتیپ‌های برتر زردآلو را بررسی کردند و دریافتند که ژنوتیپ‌ها از نظر زمان برداشت میوه متفاوت بودند، به طوری که رقم شمس (دهه سوم خرداد) و رقم باقری (دهه سوم تیر) به ترتیب زودرس‌ترین و دیررس‌ترین بودند. گنجی مقدم و همکاران (Ganji Moghadam *et al*., 2021) نیز خصوصیات فنولوژیک ۳۵ دورگ و ژنوتیپ امیدبخش زردآلو را ارزیابی کردند و اعلام داشتند که ژنوتیپ DM101 زودرس‌ترین و رقم جلیل دیررس‌ترین بودند.

در تولید و پرورش اکثر درختان میوه، دستیابی به عملکرد اقتصادی مناسب بستگی به موفقیت در فرآیند گرده‌افشانی و درصد تشکیل میوه قابل بازاریابی دارد (Gharesheikhbayat *et al*., 2011). در زردآلو خودناسازگاری شدید باعث بی‌نظمی و کاهش در تشکیل میوه و به تبع آن کاهش عملکرد میوه به دلیل فقدان دانه گرده سازگار می‌شود (Ganji Moghadam *et al*., 2021). در خانواده گلسرخیان (Rosaceae) پدیده خودناسازگاری از طریق خودناسازگاری

گامتوفیتیک یا (Gametophytic self-incompatibility = GSI) با تک ژن چند آللی کنترل می‌شود که این امر با ممانعت از نفوذ لوله گرده به داخل خامه صورت می‌پذیرد (Imani *et al*., 2014; Najafi *et al*., 2015; Zarrinbal *et al*., 2019). در این نوع ناسازگاری اگر درون خامه *S*-haplotype لوله گرده در حال رشد با یکی از دو آلل مادگی مشابه باشد، از رشد آن جلوگیری به عمل می‌آید. علت این ممانعت فعالیت آنزیم ریبونوکلئاز *S-RNase* است که دارای دو اینترون با اندازه متفاوت برای هر هاپلوتایپ بوده و سبب تجزیه RNA می‌شود، در نتیجه پروتئین لازم جهت رشد لوله گرده فراهم نمی‌گردد (McClure and Franklin-Tong, 2006; Gharesheikhbayat *et al*., 2011; Shamsolshoara *et al*., 2022).

گرده‌افشانی کنترل شده و تعیین میزان تشکیل میوه چند هفته بعد از گرده‌افشانی و نیز مطالعه میکروسکوپی نفوذ لوله گرده در گل‌های تلقیح شده به عنوان روش‌های مرسوم برای بررسی روابط سازگاری گرده در درختان میوه مطرح هستند (Jamshidi *et al*., 2021). مولایی و همکاران (Molaie *et al*., 2014) با ارزیابی خودناسازگاری در برخی ژنوتیپ‌ها و ارقام زردآلو با استفاده از تلاقی‌های کنترل شده در باغ دریافتند ارقام بادامی، شاهرودی، شکرپاره، دانشکده و ژنوتیپ C خودناسازگار و فقط ژنوتیپ D خودسازگار بود. قره شیخ بیات و همکاران (Gharesheikhbayat *et al*., 2011) نیز برای شناسایی خودناسازگاری در تعدادی از ارقام زردآلو از تلفیق روش‌های تلاقی‌های کنترل شده در باغ و بررسی میکروسکوپی رشد لوله گرده در گلهای تلقیح شده استفاده کردند. از اهداف بسیار مهم در برنامه‌های به نژادی زردآلو، گزینش زردآلوهای دیرگل و خودسازگار است که درصد تشکیل میوه و عملکرد بالایی داشته باشند.

بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی خصوصیات فنولوژیک گلدهی و خود(نا)سازگاری تعدادی از ژنوتیپ‌های زردآلو حاصل از گرده‌افشانی آزاد ارقام خودناسازگار ایرانی و خودسازگار ایتالیایی به منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر با خصوصیات مطلوب برای استفاده در باغ های تجاری زردآلو طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر درختان پنج ساله ۱۹ ژنوتیپ زردآلو و رقم شاهرودی (به عنوان شاهد) در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی باغبانی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی واقع در مشکین دشت کرج مورد مطالعه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از گرده‌افشانی آزاد ارقام تجاری شاهرودی و شمس به عنوان والد مادری با دانه گرده ارقام ایتالیایی سن کاسترزه (San Castrese)، پالوملا

(Palumella)، ویتیلـــو (Vitillo) و کافونـــا (Cafona) بـــه عنـــوان والـــد پـــدری بدســـت آمده‌اندکه در مجموع ژنوتیپ‌های ۴۳۱ تا ۴۹۶ از والد مادر شاهرودی و ژنوتیپ‌هـای ۵۰۰ الـی ۵۸۵ از والد مادر شمس حاصـل شـده‌انـد. کلیـه ژنوتیپ‌هـای بررسـی شـده در شـرایط مـدیریتی یکسانی قرار داشتند.

خصوصیات فنولوژیک

خصوصیات فنولوژیک ژنوتیپ‌های زردآلو بـر اســـــاس مقیــــــاس BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) مورد ارزیابی قرار گرفت (Meier *et al.*, 1994). بدین صـورت کـه آغـاز گلدهی زمانی که ۱۰ درصد گل‌ها شکوفا، تمام گل زمانی که ۵۰ درصد گـل‌هـا شـکوفا، پایـان گلدهی زمـان ریـزش گلبـرگ‌هـا و طـول دوره گلدهی فاصله زمانی بین آغاز گلـدهی تـا پایـان گلدهی (تعداد روز) بود. رنگ‌گیری، نرم شدن میوه و قابـل مصـرف بـودن میـوه ژنوتیـپ‌هـا بـه عنـوان زمـان رسـیدن و برداشـت میـوه در نظـر گرفته شد.

تعیین درصد جوانه‌زنی دانه گرده

شـاخه‌هـای حامـل تعـداد قابـل تـوجهی از گل‌های باز نشده از هـر کـدام از ژنوتیـپ‌هـا در باغ آزمایشی تهیه و درون کیسـه‌هـای پارچـه‌ای ململ سر بسته و بـه دور از عوامـل گـرده افشـان بـه آزمایشـگاه منتقـل و بـه طـور جداگانـه در سطل‌های حاوی آب قرار داده شدند. سـپس در مرحله بالونی گل‌ها، بساک پرچم‌ها ازگل‌هـا بـه کمک مالش جام گل بر روی یک توری فلـزی دو میلی‌متری جـدا شـده و در دمـای اتـاق روی کاغذ خشک پخش شـدند. پـس از ۲۴ سـاعت، دانه‌های گرده آزاد شده داخل ظروف شیشـه‌ای مناسب جمع آوری و در یخچال در دمای چهار درجه سلسیوس تا زمان استفاده نگهداری شدند. دانه‌های گرده جمع آوری شده در محیط کشت جامد حاوی ۱۰ گرم در لیتر آگار، ۱۵۰ گرم در لیتر ساکارز، ۰/۰۲ گرم در لیتر اسـید بوریـک و ۰/۳ گرم در لیتر نیترات کلسـیم کشـت شـدند و در انکوباتور با دمـای ۲۲ درجـه سلسـیوس قـرار گرفتند. پـس از ۲۴ سـاعت درصـد تنـدش دانـه گرده با استفاده از میکروسکوپ نـوری در پـنج میدان دید مختلف با بزرگ نمـایی 4X مشـاهده و میانگین درصد جوانه زنی این میـدان محاسـبه شد (Gharesheikhbayat, 2010).

ارزیابی خودگرده افشانی کنترل شده در باغ

بـرای ارزیـابی وضـعیت خودناسـازگاری و درصد تشکیل میوه، دو شاخه در جهت شـمال و جنـوب درخـت بـه طـول تقریبـاً یـک متـر از هـر ژنوتیـپ دارای حـدود ۶۰ تـا ۹۰ شـکوفه و ترجیحاً در قسمت میانی تاج درخت انتخاب و با کیسه‌های پارچه‌ای ململ ایزولـه شـدند. دو روز بعد از مرحله بالونی، کلاله‌ها با دانه گرده همـان ژنوتیپ توسط قلم مو خودگرده افشانی شدند و مجـددا شـاخه‌هـای حامـل گـل‌هـای خـودگرده افشـانی شـده بـا کیسـه‌هـای پارچـه‌ای پوشـانیده شدند تا از آلودگی گل‌ها توسط دانه های گرده نامعلوم جلوگیری به عمل آیـد. تعـداد میـوه‌چـه

اولیـه تشـکیل شـده ۱۵ روز پـس از خـودگرده افشـانی و میـزان درصـد تشـکیل میـوه نهـایی ۵۶ روز (هشـت هفتـه) پـس از انجـام خـود گرده‌افشـانی محاسـبه و یادداشـت بـرداری شـد (Gharesheikhbayat, 2010). درصـد تشـکیل میوه طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد تشکیل میوه} = \frac{\text{تعداد میوه های تشکیل شده}}{\text{تعداد گل های گرده افشانی شده}} \times ۱۰۰$$

ژنوتیپ‌هایی کـه در آنهـا درصـد تشـکیل میـوه بیش از ۵-۴ درصد بود به عنوان خودسازگار در نظر گرفته شدند (Audergon *et al*., 1999).

تعیین میـزان خود(نا)سـازگاری بـا اسـتفاده از میکروسکوپ فلورسنت

شـاخه‌هـای حامـل گـل‌هـا در مرحلـه بـالنی (Ballon stage) بریـده شـده و بـه آزمایشـگاه بـا دمای ۲۲ درجه سلسیوس و در محلول پنج درصـد ساکارز منتقل شدند. گل‌ها بلافاصله اخته شـدند و روز بعد تقلیح مصنوعی با دانه گرده خودی انجام گرفـت. هفتـاد و دو سـاعت پـس از خـودگرده افشانی، مادگی گل‌هـا جـدا شـده و درون محلـول فیکسـاتور (اتـانول ۷۰ درصـد: اسیداسـتیک: فرمالدهیـد (۹۰ : ۵ : ۵ درصـد حجمـی)) جهـت آماده سازی بافت خامـه و رنـگ آمیـزی آن قـرار گرفت و تا زمان انجام مطالعات میکروسـکوپی در یخچال با دمای چهار درجـه سلسـیوس نگهـداری شـدند. بـرای ردیـابی نفـوذ لولـه گـرده، پـس از شستشوی مادگی‌ها با آب مقطر و قـرار دادن آنهـا در محلول سود هشت نرمال به مدت هشت ساعت توسـط آنیلـین بلـو (Aniline Blue) ۰/۱ درصـد حجمـی رنـگ‌آمیـزی شـد و زیـر میکروسـکوپ فلورسنت مدل Eclipse TE300, Nikon مشاهده و سـپس تصـویربرداری از آن‌هـا بـه عمـل آمـد (Jamshidi *et al*., 2021). مطالعه به طور میـانگین بر روی پنج مادگی تلقیح شـده انجـام شـد و رشـد لولـه گـرده از مرحلـه جوانـه زدن روی کلالـه تـا نزدیـک تخمـدان و در مـواردی داخـل تخمـدان ردیابی گردید.

تجزیه آماری

تجزیه واریانس مرکـب داده‌های فنولوژیـک در قالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسـه میـانگین ها با استفاده از آزمون چنـد دامنـه‌ای دانکـن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نـرم افـزار SPSS ver. 23 انجـام شـد. ضـرایب همبسـتگی بین زمان گلدهی و رسـیدن میـوه و بـین درصـد جوانه‌زنـی دانـه گـرده و تشـکیل میـوه بـه روش پیرسون محاسبه گردید.

نتایج و بحث

فنولوژی گلدهی و رسیدن میوه

ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر زمان گلـدهی و زمـان رسـیدن میـوه‌هـا بـا یکـدیگر تفـاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). ضرایب همبسـتگی بـین زمـان گلـدهی و رسـیدن میـوه ژنوتیـپ‌هـای زردآلـو نیـز نشـان داد کـه بـین ایـن دو صـفت در سال‌هـای اول و دوم همبسـتگی منفـی معنـی داری وجـود داشـت، هرچنـد کـه همبسـتگی میـانگین دو سـاله ایـن صـفات معنـی دار نشـد (جـدول ۲). همبسـتگی بـین زمـان گلـدهی و زمـان رسـیدن

میوه همبستگی منفی و بسیار معنی دار در سال اول (r = -0.63**) و سال دوم (r = -0.48**) وجود داشت (جدول ۲). البته این یافته ها با نتایج گنجی مقدم و همکاران (Ganji Moghadam *et al*., 2020) که گزارش کردند زمان رسیدن میوه زردآلو با زمان گلدهی رابطه مثبتی داشت، همخوانی نداشت.

جدول ۱– تجزیه واریانس برای زمان و طول دوره گلدهی و زمان رسیدن میوه ژنوتیپ های زردآلو در سال‌های ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸

Table 1. Analysis of variance for timing and duration of blooming and timing of fruit ripening of apricot genotypes in 2019 and 2020

			میانگین مربعات Mean squares		
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی D.f.	زمان گلدهی Timing of blooming	طول دوره گلدهی Blooming duration	زمان رسیدن میوه Timing of fruit ripening
Year (Y)	سال	1	34.225	10.000**	15.625
Error 1	خطا۱	4	23.809	1.208	12.493
Genotype (G)	ژنوتیپ	19	41.499**	1.205	21.257**
Y × G	سال × ژنوتیپ	19	6.120	3.730	1.211
Error 2	خطا ۲	76	30.050	8.934	1.418

**: Significant at the 1% probability level

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین زمان گلدهی و رسیدن میوه ژنوتیپ های زردآلو

Table 2. Correlation coefficients between timing of blooming and fruit ripening of apricot genotypes

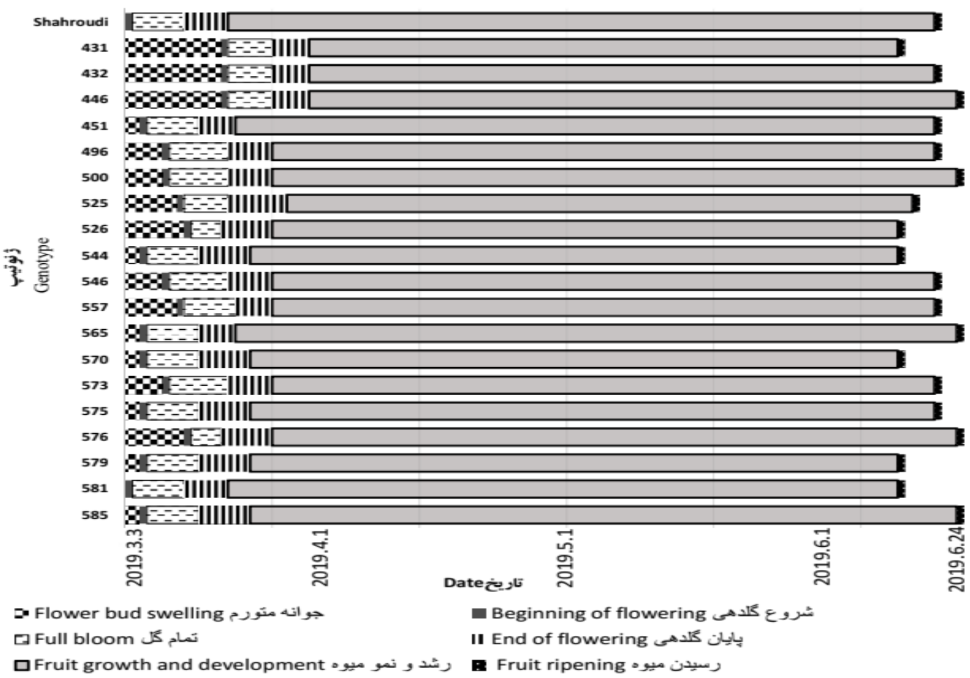
Trait	صفت	زمان رسیدن میوه (۹۸–۱۳۹۷) Timing of fruit ripening (2018-19)	زمان رسیدن میوه (۹۹–۱۳۹۸) Timing of fruit ripening (2019-20)	میانگین زمان رسیدن میوه Mean of timing of fruit ripening
Timing of blooming	زمان گلدهی	-0.63**	-0.48**	0.30

**: Significant at the 1% probability level

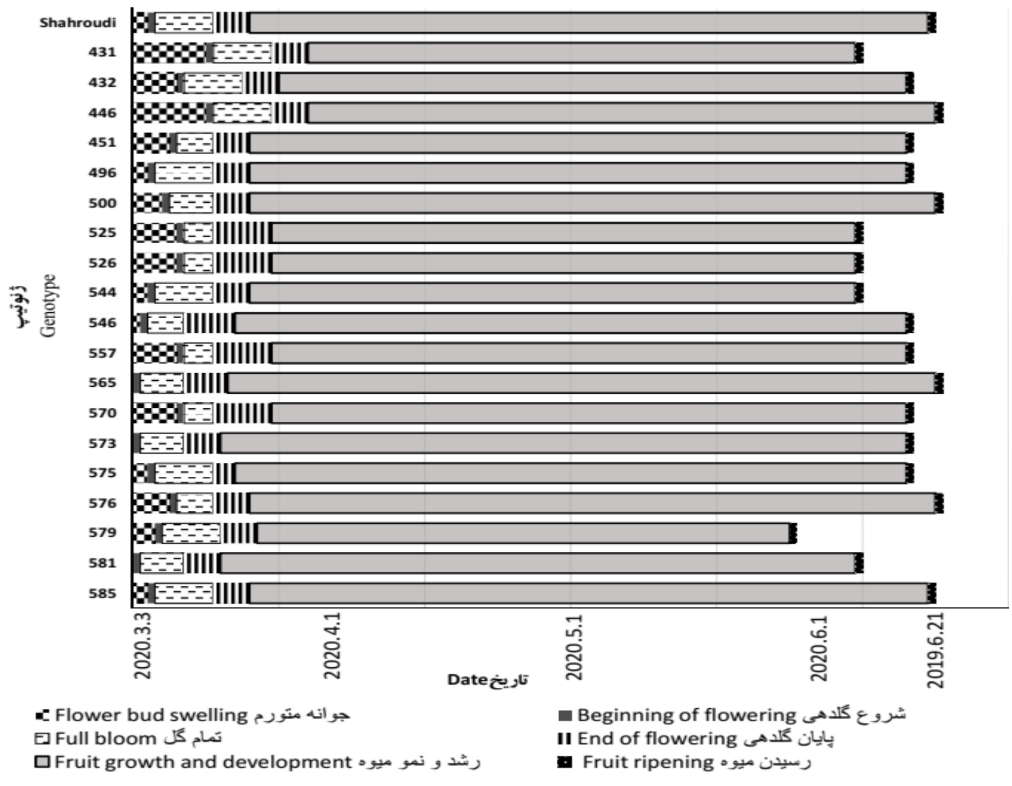
**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

بررسی خصوصیات فنولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف نشان داد که در سال اول فرآیند گلدهی در زودگل ترین ژنوتیپ یعنی ۵۸۱ در دوازدهم اسفند سال ۱۳۹۷ شروع و در سال دوم ژنوتیپ های ۵۸۱، ۵۷۳ و ۵۶۵ در سیزدهم اسفند ۱۳۹۸ فرآیند گل‌دهی‌شان به عنوان زودگل ترین ژنوتیپ ها آغاز شد (شکل ۱). در حالیکه ژنوتیپ های ۴۳۱، ۴۳۲ و ۴۴۶ در سال اول با شروع گلدهی در ۲۵ اسفند ۱۳۹۷ و ژنوتیپ های ۴۳۱ و ۴۴۶ در ۲۳ اسفند ۱۳۹۸ در سال دوم به عنوان دیرگل ترین ژنوتیپ ها شاخته شدند. بیشترین طول دوره گلدهی (۱۲ روز) مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۳۱، ۴۳۲ و ۴۴۶ در سال اول و ۱۴ روز مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۳۱ و ۴۴۶ در سال دوم بود.

(a)



(b)



شکل ۱- خصوصیات فنولوژیکی ژنوتیپ‌های زردآلو در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ (a) و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ (b)

Fig. 1. Phenological characteristics of apricot genotypes in 2019 (a) and 2020 (b)

میلوسویچ و همکاران (Milosević et al., 2010) شروع مرحله گلدهی واریته‌های امیدبخش زردآلو در صربستان را از اواسط اسفند تا اواسط فروردین گزارش کردند. ژنوتیپ KG_1 به عنوان ژنوتیپ خیلی دیرگل و ژنوتیپ EG_1 که در سوم فروردین شروع به گلدهی کردند به عنوان ژنوتیپ دیرگل معرفی شدند. اپریتا و گاوات (Oprita and Gavat, 2019) از تکنیک‌های دگرگرده‌افشانی، خودگرده‌افشانی و گرده‌افشانی باز استفاده کردند و دو ژنوتیپ زردآلو دیرگل را با عملکرد خوب و کیفیت میوه بالا به دست آوردند. صفت دیر گلدهی در مناطقی با احتمال خطر آسیب سرمای دیررس بهاره یک مزیت به حساب می‌آید (Milosević et al., 2010). بنابراین شناسایی یا معرفی ارقام جدید زردآلو دیرگل یکی از اهداف اصلی به نژادگران زردآلو است (Oprita and Gavat, 2019). در پژوهش حاضر، دو ژنوتیپ ۴۳۱ و ۴۴۶ در هر دو سال دیرگل بودند و ۸ تا ۱۳ روز بعد از رقم شاهرودی شروع به گلدهی کردند که می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای کشت در مناطقی با خطر سرمازدگی دیررس بهاره باشند (شکل ۱).

ژنوتیپ‌های ۴۳۱، ۵۲۵، ۵۲۶، ۵۴۴، ۵۷۰، ۵۷۹ و ۵۸۱ در سال ۱۳۹۷ نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها جزو ژنوتیپ‌های زودرس بودند و در سال دوم نیز همین ژنوتیپ‌ها بجز ژنوتیپ ۵۷۰ جزو ژنوتیپ‌های زودرس بودند (شکل ۱) که نشان دهنده زودرس بودن ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها بود که با نتایج گنجی‌مقدم و همکاران (Ganji Moghadam et al., 2020) از این نظر مطابقت دارد. زودرسی صفت مهم و قابل توجهی در ژنوتیپ‌های زردآلو می‌باشد، زیرا محصول به صورت نوبرانه و تازه‌خوری در ابتدای فصل به دست مصرف کننده می‌رسد (Ganji Moghadam et al., 2020). در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توسط مصباحی و همکاران (Mesbahi et al., 2014)، رسیدن میوه بین دهه سوم خرداد تا دهه سوم تیر بود که در مقایسه با نتایج این پژوهش در بازه زمانی نسبتاً طولانی تر بود.

درصد جوانه‌زنی دانه گرده

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تفاوت درصد جوانه‌زنی دانه گرده در میان ژنوتیپ‌های زردآلو مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که ژنوتیپ ۵۲۵ با میانگین ۶۹ درصد بیشترین و ژنوتیپ ۵۷۹ با میانگین ۵/۲ درصد کمترین میزان درصد جوانه‌زنی دانه گرده را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین های درصد جوانه زنی در بین ژنوتیپ‌های زردآلو نشان داد که ۱۵ ژنوتیپ درصد جوانه‌زنی دانه گرده بالاتری نسبت به رقم شاهرودی (شاهد) داشتند ولی در بقیه ژنوتیپ‌ها درصد جوانه زنی کمتر بود (جدول ۴).

در جنس *Prunus*، تشکیل میوه به جوانه زنی دانه گرده، رشد لوله گرده و لقاح وابسته است (Fotirić Akšić et al., 2022). زنده مانی و

جدول ۳- تجزیه واریانس برای درصد جوانه زنی دانه گرده در ژنوتیپ های زردآلو

Table 3. Analysis of variance for pollen germination (%) in apricot genotypes

S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات درصد جوانه زنی دانه گرده Mean squares of pollen germination (%)
Genotype	ژنوتیپ	19	1569.075**
Error	خطا	80	26.378

**: Significant at the 1% probability level. **: معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۴ – مقایسه میانگین درصد جوانه زنی دانه گرده در ژنوتیپ های زردآلو

Table 4. Mean comparison of pollen germination (%) in apricot genotypes

Genotype	ژنوتیپ	درصد جوانه زنی دانه گرده Pollen germination (%)	ژنوتیپ Genotype	درصد جوانه زنی دانه گرده Pollen germination (%)
Shahroudi	شاهرودی	19.3 i	546	19.4 i
431		49.8 cd	557	27.8 h
432		60.4 b	565	43.4 de
446		51.2 c	570	37.8 ef
451		59.2 b	573	17.4 i
496		12.2 i	575	29.0 gh
500		31.2 fgh	576	35.4 fg
525		69.0 a	579	5.2 j
526		15.6 i	581	36.4 f
544		48.4 cd	585	51.8 c

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

درصد جوانه زنی دانه‌های گرده در بیشتر ارقام زردآلو بالا است (Burgos *et al.*, 2004). نکونام و همکاران (Nekonam *et al.*, 2010) درصد جوانه‌زنی دانه گرده ارقام زردآلو را ۳۵-۳۰ درصد گزارش کردند. هرچند که نرعقیمی در زردآلو گزارش شده است (Burgos *et al.*, 2004)، اما از آنجایی که چندین ژنوتیپ با وجود جوانه‌زنی دانه گرده ضعیف دارای بساک‌های معمولی (ظاهری متورم و زرد) بودند و جوانه‌زنی گرده روی کلاله متوسط یا زیاد بود، به نظر نمی‌رسد نرعقیمی باعث جوانه‌زنی ضعیف دانه گرده در پژوهش حاضر بود.

تشکیل میوه حاصل از خودگرده‌افشانی کنترل شده در باغ

در آزمایش خودگرده‌افشانی کنترل شده در باغ، بیشترین میزان تشکیل میوه اولیه مربوط به ژنوتیپ ۵۷۰ در سال اول با ۳۸/۴ درصد و کمترین میزان در رقم شاهرودی و ژنوتیپ‌های ۵۰۰، ۵۴۴، ۵۷۵، ۵۷۳ و ۵۸۱ در هر دو سال و ژنوتیپ ۴۹۶ در سال دوم با صفر درصد مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین میزان تشکیل میوه نهایی نیز در ژنوتیپ ۵۷۰ با ۲۸/۵ درصد بود. میانگین دوساله تشکیل میوه ژنوتیپ‌های ۴۳۲، ۴۵۱، ۵۷۰ و ۵۸۵

جدول ۵- درصد تشکیل میوه اولیه و نهایی و سازگاری رقم شاهرودی (شاهد) و نتاج زردآلو حاصل از خودگرده افشانی در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 5. Initial and and final fruit set (%) and compatibility of Shahroudi cultivar (control) and apricot progenies developed from self-pollination in 2019 and 2020

Genotype	ژنوتیپ	1398		1399			Compatibility	سازگاری
		درصد تشکیل میوه اولیه Initial fruit set (%)	درصد تشکیل میوه نهایی Final fruit set (%)	درصد تشکیل میوه اولیه Initial fruit set (%)	درصد تشکیل میوه نهایی Final fruit set (%)	میانگین درصد تشکیل میوه نهایی Mean of final fruit set (%)		
Shahroudi	شاهرودی	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Self-incompatible	خود ناسازگار
431		9.6	4.1	9.1	3.0	3.5	Self-compatible (?)	خودناسازگار (؟)
432		26.3	24.0	26.1	19.5	21.7	Self-compatible	خودسازگار
446		11.4	11.4	13.4	9.6	10.5	Self-compatible	خودسازگار
451		37.1	28.5	24.3	21.6	25.1	Self-compatible	خودسازگار
496		5.3	2.6	0.0	0.0	1.3	Self-incompatible	خودناسازگار
500		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Self-incompatible	خودناسازگار
525		4.7	2.3	6.9	4.0	3.1	Self-compatible (?)	خودسازگار (؟)
526		18.2	18.2	24.5	17.5	17.8	Self-compatible	خودسازگار
544		0.0	0.0	0.0	0.0	0	Self-incompatible	خودناسازگار
546		8.5	5.7	7.4	5.2	5.5	Self-compatible	خودسازگار
557		15.1	12.1	15.1	9.4	10.7	Self-compatible	خودسازگار
565		8.9	8.9	9.8	6.5	7.7	Self-compatible	خودسازگار
570		38.4	30.7	45.6	26.3	28.5	Self-compatible	خودسازگار
573		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Self-incompatible	خودناسازگار
575		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Self-incompatible	خودناسازگار
576		22.7	22.7	19.6	16.4	19.5	Self-compatible	خودسازگار
579		6.8	6.8	5.3	5.3	6.0	Self-compatible	خودسازگار
581		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Self-incompatible	خودناسازگار
585		28.7	20.5	37.1	22.6	21.5	Self-compatible	خودسازگار

?: Uncertain

؟ : نامطمئن

نیز بیش از ۲۰ درصد بود (جدول ۵). میانگین تشکیل میوه در دو سال آزمایش نشان داد که ۱۳ ژنوتیپ خودسازگار بودند و با توجه به میزان جوانه‌زنی دانه گرده آنها می‌توان چنین بیان کرد که درصد کم جوانه‌زنی دانه گرده نیز در عدم تشکیل میوه کافی برخی از این ژنوتیپ‌ها موثر بود (جدول ۴ و ۵).

همچنین براساس نتایج بدست آمده بین درصد جوانه‌زنی دانه گرده و تشکیل میوه اولیه حاصل از خودگرده‌افشانی ژنوتیپ‌های زردآلو همبستگی مثبت و بسیار معنی داری ($r = 0.97^{**}$) وجود داشت (جدول۶).

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین درصد جوانه زنی دانه گرده و تشکیل میوه حاصل از خودگرده افشانی ژنوتیپ‌های زردآلو

Table 6. Correlation coefficients between pollen germination (%) and fruit set (%) from self-pollination of apricot genotypes

Trait صفت	درصد جوانه زنی دانه گرده Pollen germination (%)	درصد تشکیل میوه اولیه Initial fruit set (%)
درصد تشکیل میوه اولیه Initial fruit set (%)	0.97**	
درصد تشکیل میوه نهایی Final fruit set (%)	0.32	0.31

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

**: Significant at the 1% probability level.

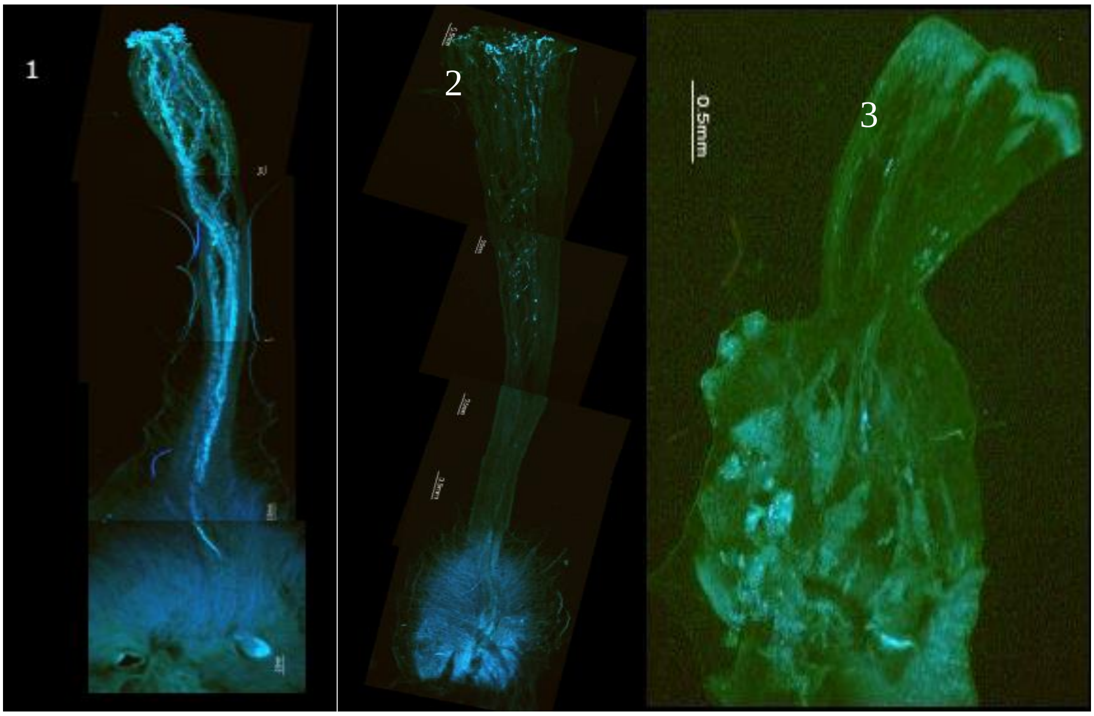
درصد تشکیل میوه در اکثر ژنوتیپ های خودسازگار کمتر از محصول تجاری (۲۵-۲۰ درصد) بود (Westwood, 1993). عوامل محیطی، فیزیولوژیکی و ژنوتیپی متعددی مانند دما، منبع دانه گرده، فعالیت زنبور عسل، زیست‌شناسی گل و باروری وجود دارد که بر تشکیل و عملکرد میوه تاثیر می گذارد (McLaren *et al*., 1996; Fikret Balta *et al*., 2007; Ruiza and Egea, 2008). نکونام و همکاران (Nekonam *et al*., 2010) گزارش کردند که شرایط دمای بالای درون کیسه در زمان گرده‌افشانی کنترل شده باعث ریزش بیشتر میوه‌چه‌ها و حتی آنهایی که ممکن است بارور شده باشند می‌شود.

در رقم شاهرودی، هیچ میوه‌ای در هر دو سال پژوهش تشکیل نشد که با گزارشات نکونام و همکاران (Nekonam *et al*., 2010) و نجاتیان و ارزانی (Nejatian and Arzani, 2004) مبنی بر خودناسازگاری آن همخوانی دارد. علت ریزش بیش از ۹۵ درصد میوه‌ها در شرایط گرده‌افشانی کنترل شده به دلیل خودناسازگاری ژنوتیپ‌ها می‌باشد. نکونام و همکاران (Nekonam *et al*., 2010) وضعیت ناسازگاری و عقیمی چهار رقم تجاری زردآلو در ایران را با

روش گرده‌افشانی کنترل شده و بررسی درصد تشکیل میوه و نیز بررسی طول و قطر مادگی و جوانه زنی دانه گرده مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بیان کننده این بود که کلیه ارقام بررسی شده خودناسازگار بودند ولی دگرناسازگاری کامل بین آن‌ها دیده نشد. نجاتیان و ارزانی (Nejatian and Arzani, 2004) نیز برای شناسایی میزان خودناسازگاری در چهار رقم بومی زرد آلو ایران از روش گرده‌افشانی کنترل شده استفاده کردند که یافته‌های آنها نشان داد کلیه ارقام مورد بررسی آنها خودناسازگار بودند.

تعیین میزان خود(نا)سازگاری با استفاده از میکروسکوپ فلوئورسنت

جوانه زنی دانه های گرده درون کلاله کلیه ژنوتیپ های زردآلو بجز رقم شاهرودی و ژنوتیپ ۵۲۵ مشاهده شد. از میان ۱۹ ژنوتیپ مورد بررسی در این پژوهش نه ژنوتیپ، که حداقل یک لوله گرده آنها به تخمدان رسید، به عنوان خودسازگار شناخته شدند (شکل ۲). بیشتر ارقام زردآلو دانه‌ی گرده فراوان با درصد جوانه‌زنی قابل قبول تولید می‌کنند که در بیشتر موارد لوله‌های گرده را بوجود می‌آورند (Herrera *et al*., 2018).



شکل ۲- رشد لوله گرده درون مادگی ۷۲ ساعت پس از خودگرده‌افشانی در ژنوتیپ خودسازگار ۵۸۵ (۱)، ژنوتیپ خودناسازگار ۵۰۰ (۲) و ژنوتیپ با مادگی ناقص ۴۳۱ (۳)

Fig. 2. Pollen tubes growth inside the ovary 72 hours after self-pollination in self-compatible genotype 585 (1), self-incompatible genotype 500 (2) and genotype with defective pistil (3)

اغلب ارقام زردآلوی اروپایی خودسازگار در نظر گرفته می‌شوند، در حالی که زردآلوهای آسیایی عمدتاً خود ناسازگار هستند (Gharesheikhbayat *et al*., 2010). از آنجاکه والدین مادری ژنوتیپ‌های زرد آلوی مورد مطالعه خودناسازگار می‌باشند، می توان نتیجه گرفت که آلل خودسازگاری از والدین پدری ایتالیایی به نتاج منتقل شد. در ژنوتیپ های ۵۴۴ و ۵۸۱ لوله گرده در یک سوم پایینی خامه متوقف شد و در برخی ژنوتیپ‌ها رشد لوله گرده در بخش‌های میانی خامه متوقف شد که هر دو گروه خودناسازگار در نظر گرفته شدند (جدول ۷). آندرس و دوران (Andres and Duran, 1998) و میلاتوویچ و همکاران (Milatović *et al*., 2013) گزارش کردند که رشد لوله‌های گرده ناسازگار در زردآلو معمولا در سه چهارم پایینی خامه متوقف می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

بررسی رشد لوله گرده در خامه توسط میکروسکوپ فلورسنت نشان داد که نه ژنوتیپ از ده ژنوتیپی که بر اساس درصد تشکیل میوه به عنوان خودسازگار تعیین شدند، در این روش نیز خودسازگار محسوب بودند که نشان دهنده تطابق نتایج آزمایشگاهی و میدانی بود. از این میان در مورد ژنوتیپ ۴۴۶ به علت داشتن مادگی ناقص (کوتاه) امکان بررسی رشد لوله گرده میسر نشد و ژنوتیپ ۵۷۵ نیز از نظر بررسی میکروسکوپ فلوئورسنت به عنوان خودسازگار اما بر اساس درصد تشکیل میوه خودناسازگار تعیین شد (جدول ۵ و شکل ۲). عدم تطابق کامل این نتایج می‌تواند به آلودگی‌های احتمالی کلاله این ژنوتیپ ها با دانه‌های گرده سایر ژنوتیپ ها و یا نقص مادگی و عدم تکامل آن به دلیل بسیار جوان یا پیر بودن گل‌ها نسبت داده شود (Gharesheikhbayat *et al*., 2011). ژنوتیپ های ۴۳۱، ۴۴۶ و ۵۷۳ دارای مادگی ناقص (خامه خیلی کوتاه) بودند. نکونام و همکاران (Nekonam *et al*., 2010) و مولایی و همکاران (Molaie *et al*., 2014) در مطالعه خودناسازگاری برخی ارقام و ژنوتیپ‌های زردآلو دریافتند که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فاقد ماده عقیمی بودند.

خودسازگاری و دیرگلدهی از مهمترین اهداف در برنامه‌های به نژادی برای تولید ارقام تجاری جدید زردآلو است. در این پژوهش، ۱۳ ژنوتیپ شامل ۴۳۱، ۴۳۲، ۴۴۶، ۴۵۱، ۵۲۵، ۵۲۶، ۵۴۶، ۵۵۷، ۵۶۵، ۵۷۰، ۵۷۶، ۵۷۹ و ۵۸۵ به عنوان خودسازگار(بر مبنای دو روش) شناسایی شدند که چهار ژنوتیپ (۴۳۲، ۴۵۱، ۵۷۰ و ۵۸۵) دارای میانگین (دو ساله) درصد تشکیل میوه بیش از ۲۰ درصد (۲۸/۵-۲۱/۵ درصد) بودند (جدول ۵ و ۷). این ژنوتیپ‌ها می‌توانند گزینه‌های خوبی برای معرفی به عنوان ارقام تجاری جدید زردآلو در آینده باشند. همچنین از بین آنها دو ژنوتیپ ۴۳۱ و ۴۴۶ جزو دیرگل‌ترین ژنوتیپ‌ها در هر دو سال بودند و میانگین درصد جوانه‌زنی بالایی (به ترتیب ۴۹/۸ و ۵۱/۲) نیز داشتند که می‌توانند جزو ژنوتیپ‌های امیدبخش مد نظر قرار گیرند.

جدول ۷- ردیابی رشد لوله گرده درون مادگی ژنوتیپ های زردآلو ۷۲ ساعت پس از گرده افشانی دستی در شرایط کنترل شده

Table 7. Tracking of pollen tubes growth inside the ovary of apricot genotype following hand pollination in controlled conditions

Genotype	ژنوتیپ	تعداد مادگی مطالعه شده No. of evaluated pistil	دانه گرده روی کلاله Pollen grain on stigma	دانه گرده جوانه زده Germinated pollen	لوله گرده در ابتدای خامه Pollen tube at the beginning of pistil	لوله گرده در نیمه مسیر Pollen tube in the midway	لوله گرده در نزدیکی تخمدان Pollen tube near the ovary	لوله گرده داخل تخمدان Pollen tube inside the ovary	Compatibility	سازگاری
Shahroudi	شاهرودی	12	❋	N	-	-	-	-	Self-incompatible	خودناسازگار
431		5	❋	N	-	-	-	-	Defective pistil	مادگی ناقص(خیلی کوتاه)
432		6	❋	H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
446		6	❋	N	-	-	-	-	Defective pistil	مادگی ناقص (خیلی کوتاه)
451		7	❋	M-H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
496		6	❋	L-M	-	❋	-	-	Self-incompatible	خودناسازگار
500		4	❋	M	-	❋	-	-	Self-incompatible	خودناسازگار
525		4	❋	N	-	-	-	-	Self-incompatible	خودناسازگار
526		5	❋	L-M	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
544		4	❋	H	-	-	❋	-	Self-incompatible	خودناسازگار
546		6	❋	L-M	-	❋	-	-	Self-incompatible	خودناسازگار
557		4	❋	M-H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
565		12	❋	H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
570		10	❋	H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
573		6	❋	N	-	-	-	-	Defective pistil	مادگی ناقص (خیلی کوتاه)
575		11	❋	M-H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
576		7	❋	H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
579		9	❋	M	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار
581		9	❋	H	-	-	❋	-	Self-incompatible	خودناسازگار
585		6	❋	H	-	-	-	❋	Self-compatible	خودسازگار

N: بدون جوانه‌زنی (صفر درصد)، L: جوانه‌زنی کم (۱۰-۵ درصد)، M: جوانه‌زنی متوسط (۴۰-۲۰ درصد)، H: جوانه‌زنی زیاد (بیشتر از ۵۰ درصد).

N: No germination (0%), L: Low germination (5-10%), Medium germination (20-40%), H: High germination (> 50%).

نتیجه گیری

در ایـــن پـــژوهش بررســـی خصوصـــیات فنولوژیک گلدهی و خصوصیات بـاروری نتـاج حاصل از تلاقـی ارقـام ایرانـی بـا ویژگـی هـای چشایی منحصر به فرد خود با ارقام تجاری گروه اروپایی (ایتالیـایی) کـه از نظـر تعـدادی صـفات رویشـی و زایشـی کـاملا متمـایز از ارقـام بـومی ایرانـــی هســـتند نشـــان داد کـــه صـــفت خودناسـازگاری در زردآلـو کـه ماننـد بسـیاری دیگر از میوه های هسته دار توسط یک ژن چند آللی کنترل می شود به راحتی از والدین به نتاج به ارث میرسد. به این ترتیب در برنامـه هـای بـه نژادی زردآلو این موضوع بایستی همواره مدنظر قرار گیرد. شاهد این ادعا افـزایش فراوانـی آلـل های خودناسازگاری در بین ارقام جدید اصلاح شده در بین ارقام گروه اروپایی است که به طور پیش فرض خودسازگار محسوب می شدند.

چندین دهه است که به نژادگران اروپایی در برنامه های دورگ گیـری خـود از ارقـام گـروه آسیایی استفاده مـی کننـد کـه یکـی از ویژگـی هـای ایـن ارقـام تنـوع اللـی قابـل توجـه در ژن *S-RNase* اسـت. الـل *Sc* بـه عنـوان تنهـا الـل مسئول خودسازگاری در زردآلو نسبت به سـایر الل ها غالب بوده و در نسبت های فنـوتیپی نتـاج به دست آمده در تلاقی هـای کنتـرل شـده ایـن موضـوع کـاملاً ثابـت شـده اسـت کـه در منـابع متعددی نیز گزارش شده است.

در این پـژوهش بـر اسـاس نتـایج حاصـل از آزمایش های میدانی در باغ و نیـز ردیـابی رشـد لوله گرده در خامه گل‌های خـودتلقیح شـده در آزمایشـگاه، خودسـازگاری تعـدادی از ژنتیـپ های به دست آمده مشخص شد. موضوع دیگـر تنوع در مراحل فنولوژیک گلـدهی در تعـدادی از نتاج بود که به لحاظ فرار از سـرمای دیـررس بهاره در زردآلو می تواند موضوع قابل تـوجهی برای مطالعات تکمیلی باشد، مانند ژنوتیـپ‌هـای ۴۳۱ و ۴۴۶ که با بررسی نتایج دو سال پـژوهش در باغ به عنوان ژنوتیـپ‌هـای دیرگـل شناسـایی شـــدند. نویســـندگان مقالـــه موضـــوع مهـــم خودسازگاری در زردآلو را بیشتر به عنوان یک صفت هدف مورد توجه قـرار دادنـد. تحقیقـات تکمیلـی بـر روی ژنوتیـپ هـای زردآلـو مـورد مطالعـه همچنـان ادامـه دارد و در حـال حاضـر ویژگی های پومولوژی آنها در منـاطق مختلـف کشور در حال بررسی است.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از مسئولان و کارشناسـان محترم ایستگاه تحقیقات باغبانی و آزمایشگاه‌هـای پژوهشکده میوه‌های معتدلـه و سردسـیری موسسـه تحقیقـــات علـــوم باغبـــانی و گـــروه پژوهشـــی نانوتکنولوژی پژوهشـگاه بیوتکنولـوژی کـرج کـه امکـان اجـرای ایـن پـژوهش را فـراهم کردنـد، سپاسگزاری می کنند.

References

Andres, M. V., and Duran, J. M. 1998. Self-incompatibility in Spanish clones of apricot (*Prunus armeniaca* L.) tree. Euphytica 101: 349-355.

Asma, B. M., Kan, T., and Birhanli, O. 2007. Characterization of promising apricot (*Prunus armenica* L.) genetic resources in Malatya, Turkey. Genetic Resources and Crop Evolution 54: 205-212.

Audergon, J. M., Guerriero, R., Monteleone, P., and Viti, R. 1999. Contribution to the study of inheritance of the character self-incompatibility in apricot. Acta Horticulturae 488: 275-280.

Burgos, L., Alburquerque, N., and Egea, J. 2004. Review: Flower biology in apricot and its implications for breeding. Spanish Journal of Agricultural Research 2 (2): 227-241.

Fikret Balta, M., Muradoglu, F., Askin, M. A., and Kaya, T. 2007. Fruit sets and fruit drops in Turkish apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties grown under ecological conditions of Van, Turkey. Asian Journal of Plant Sciences 6: 298-303.

Fotirić Akšić, M., Cerović, R., Hjeltnes, S.H., and Meland, M. 2022. The effective pollination period of European plum (*Prunus domestica* L.) cultivars in western Norway. Horticulturae 8 (1): 55.

Ganji Moghadam, E., Rahnemoun, H., and Zamanipour, M. 2020. Comparison of phenological, morphological and pomological characteristics of six apricot promising genotypes in Khorasan Razavi province. Journal of Horticultural Science 34 (3): 505-520 (in Persian).

Ganji Moghadam, E., Dejampour, J., and Zamanipour, M. 2021. Comparison of quantitative and qualitative characteristics of 35 promising hybrids and genotypes of apricot under Khorasan Razavi province conditions. Journal of Plant Production 28 (3): 61-88 (in Persian).

Gharesheikhbayat, R. 2010. Self-incompatibility in apricot (*Prunus armeniaca*); new achievements and molecular aspects of *S*-locus allele segregation. Ph. D. thesis. University of Bologna. Bologna, Italy. 164 pp.

Gharesheikhbayat, R., Dondini, L., and Sansavini, S. 2011. Identification of self-incompatibility alleles in apricot (*Prunus armeniaca* L.) using multi-level approaches. Seed and Plant Improvement Journal 27-1 (3): 411-426 (in Persian).

Herrera, S., Lora, J., Hormaza, J. I., Herrero, M., and Rodrigo, J. 2018. Optimizing production in the new generation of apricot cultivars: self-incompatibility, *S-RNase*

allele identification, and incompatibility group assignment. Frontiers in Plant Science 9 (527). https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00527

Jamshidi, A. R., Imani, A., and Miri, S. M. 2021. Identification of the pollinizer for a new almond genotype 'Karaj 33'. Journal of Horticulture and Postharvest Research 4 (4): 521-528.

Imani, A., Goudarzi, H., Miri, S. M., and Zinalabdini, M. 2014. Investigation, identification and heritability of *S* and *F* alleles and vegetative characteristics in almond hybrids using morphological and molecular (PCR) markers. Modares Journal of Biotechnology 5 (2): 29-44 (in Persian).

Mashhadi, Z., and Khadivi, A. 2022. Identification of superior late-blooming apricot *(Prunus armeniaca* L.) genotypes among seedling-originated trees. Food Science and Nutrition 10 (4): 1159-1166.

McClure, B. A., and Franklin-Tong, V. 2006. Gametophytic self-incompatibility: Understanding the cellular mechanisms involved in self pollen tube inhibition. Planta 224: 233-254.

McLaren, G. F., Fraser, J. A., and Grant, J. E. 1996. Some factors influencing fruit set in 'Sundrop' apricot. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 24 (1): 55-63.

Meier, V. U., Graf, H., Hack, H., Heß, M., Kennel, W., Klose, R., Mappes, D., Seipp, D., Stauß, R., Streif, J., and van den Boom, T. 1994. Phänologische entwicklungsstadien des kernobstes (*Malus domestica* Borkh. und *Pyrus communis* L.), des steinobstes (*Prunus*-Arten) der johannisbeere (*Ribes*-Arten) und der erdbeere (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Nachrichtenbl Deut Pflanzenschutzd 46 (7): 141-153.

Mesbahi, K., Ganji Moghaddam, E., Nikkhah, Sh., and Asgharzadeh, A. 2014. Phenological, morphological and pomological characteristics of some apricot genotypes and effect of pre-treatment and drying method on quality of their dried fruits. Seed and Plant Production 30 (2): 153-167 (in Persian).

Milatović, D., Nikolić, D., Fotirić-Akšić, M., and Radović, A. 2013. Testing of self-(in)compatibility in apricot cultivars using fluorescence microscopy. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 12 (6): 103-113.

Milosević, T., Milosević, N., Glisić, I., and Krska, B. 2010. Characteristics of promising apricot (*Prunus armeniaca* L.) genetic resources in central Serbia based on blossoming period and fruit quality. Horticultural Science 37 (2): 46-55.

Molaie, S., Soleimani, A., Zeinolabedini, M., and Maleki, B. 2014. Study of self-

incompatibility in some apricot (*Prunus armeniaca* L.) genotypes using classic and molecular methods. Seed and Plant Improvement Journal 30: 777-790 (in Persian).

Najafi, P., Imani, A., Miri, S. M., and Zinalabdini, M. 2015. Identification and screening of homozygous from heterozygous almond progenies from self-pollinated Touno cultivar using PCR. Journal of Nuts 6 (2): 155-164.

Nejatian, M. A., and Arzani, K. 2004. Determination of self-incompatibility and effective pollination period in four local Iranian apricot (*Prunus armeniaca*) cultivars. Journal of Horticultural Science and Technology 5: 147-156 (in Persian).

Nekonam, F., Fattahimoghadam, M., and Ebadi, A. 2010. Investigation of incompatibility and infertility in four Iranian commercial cultivars of apricot. Iranian Journal of Horticultural Science 42: 1-9 (in Persian).

Oprita, V. A., and Gavat, C. 2019. The behaviour of some apricot cultivars with late blooming in south-eastern Romania. Acta Horticulturae 1242: 385-388.

Ruiza, D., and Egea, J. 2008. Analysis of the variability and correlations of floral biology factors affecting fruit set in apricot in a Mediterranean climate. Scientia Horticulturae 115 (2): 154-163.

Shamsolshoara, Y., Gharesheikhbayat, R., Miri, S. M., Pirkhezri, M., and Davoodi, D. 2022. Floral morphology, pollen quality and self-(in)compatibility in three natural *Prunus* interspecific hybrids. Journal of Plant Physiology and Breeding 12 (2): (in Persian). DOI: 10.22034/JPPB.2022.50788.1261

Shamsolshoara, Y., Miri, S. M., Gharesheikhbayat, R., Pirkhezri, M., and Davoodi, D. 2021. Phenological, morphological, and pomological characterizations of three promising plum and apricot natural hybrids. Taiwania 66 (4): 466-478.

Westwood, M. N. 1993. Temperate-zone pomology: Physiology and culture. Third edition. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 523 pp.

Yaman, M., and Uzun, A. 2020. Evaluation of superior hybrid individuals with intra and interspecific hybridization breeding in apricot. International Journal of Fruit Science 20 (S3): S2045-S2055.

Zarrinbal, M., Baghban Kohnehrouz, B., Soleimani, A., and Dejampour, J. 2019. Assessment of fruit set percentage and pollen compatibility status in different apricot cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 29 (2): 205-221 (in Persian).